

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Isu Iklim di Indonesia

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang menyebabkan curah hujan di Indonesia cukup tinggi. Namun demikian, terdapat distribusi hujan secara temporal dan spasial sehingga hujan tidaklah selalu ada sepanjang tahun. Di beberapa daerah terdapat pola hujan yang memiliki perbedaan yang jelas antara musim penghujan dengan musim kemarau. Ketika musim penghujan, sumber daya air melimpah, namun ketika musim kemarau, sumber daya air sangatlah sedikit bahkan kekurangan [6].

Secara umum terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap curah hujan di Indonesia, baik faktor lokal, regional, maupun global. Faktor lokal yang berperan antara lain topografi, sedangkan faktor regional dipengaruhi oleh El-Nino-La Nina. Setiap fenomena memberikan pengaruh berbeda terhadap hujan di wilayah Indonesia. Jika wilayah Pasifik mengalami El nino, maka wilayah Indonesia jika musim hujan akan mengalami penurunan curah hujan, dan jika musim kemarau maka terjadi kemarau yang panjang. Sebaliknya dengan La Nina, jika wilayah Pasifik mengalami La Nina dan di Indonesia musim hujan, maka hujan yang terjadi intensitasnya tinggi, tetapi jika di musim kemarau maka akan menambah curah hujan atau istilahnya musim kemarau yang basah [6].

Perubahan iklim mengakibatkan pergeseran musim penghujan dan kemarau di Indonesia serta perubahan intensitas hujan yang meningkatkan potensi bencana banjir dan kekeringan [6]. Indonesia termasuk ke dalam salah satu negara kaya akan air, namun tidak menutup kemungkinan untuk terjadinya krisis air di Indonesia. Krisis air di Indonesia dapat terjadi sebagai akibat dari kesalahan pengelolaan air yang tercermin dari tingkat pencemaran air yang tinggi, pemakaian air yang tidak efisien, kelembagaan yang masih lemah, fluktuasi debit air sungai yang sangat besar serta peraturan perundang-undangan yang tidak memadai.

Air menjadi salah satu aspek yang paling menentukan dalam kelangsungan bumi beserta isinya. Permasalahan air di Indonesia saat ini telah dalam kondisi yang memprihatinkan. Hal tersebut ditandai dengan muncul kecenderungan terjadinya ketidakseimbangan volume air antara musim hujan dan musim kemarau. Pada saat musim hujan, volume air sangat besar sehingga sering menyebabkan timbulnya banjir. Sebaliknya, pada saat musim kemarau terjadi kekeringan akibat volume air yang sangat kecil. Hal ini diperburuk dengan adanya fakta bahwa tingkat resapan air tanah saat ini semakin kecil akibat adanya perubahan fungsi lahan. Air hujan yang jatuh ke tanah tidak dapat langsung meresap ke dalam tanah sehingga air hujan akan menjadi air limpasan.

2.2 Kebutuhan Air Bersih

Air merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kelangsungan makhluk hidup. Tanpa adanya air, makhluk hidup tidak dapat hidup di bumi. Pemanfaatan air harus dikelola dengan baik agar tercipta kelestarian sehingga air dapat dimanfaatkan secara terus-menerus untuk mencukupi kebutuhan makhluk hidup. Pemanfaatan air yang paling utama yaitu digunakan untuk pemenuhan kebutuhan domestik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, rekreasi dan lainnya [7].

Kebutuhan air setiap makhluk hidup berbeda-beda tergantung pada kegiatannya. Kebutuhan air dapat dihitung berdasarkan jenis pemanfaatannya. Masing-masing pemanfaatan air dihitung dengan menggunakan metode yang berbeda karena perbedaan variabel-variabel yang digunakan dalam pertimbangan. Tidak hanya untuk mengetahui besarnya kebutuhan saja, tetapi dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pemenuhan kebutuhan air [6].

Besarnya kebutuhan air dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk. Pertumbuhan penduduk, baik positif ataupun negatif, akan berpengaruh pada banyaknya air yang dibutuhkan, baik untuk beraktivitas ataupun usaha. Hal ini dikarenakan pertumbuhan penduduk tidak hanya akan berpengaruh pada kebutuhan rumah tangga (domestik) saja, tetapi berpengaruh juga pada fasilitas umum yang membutuhkan air seperti sektor industri, peribadatan, sekolah, rumah sakit dan lain-lain. Jumlah kebutuhan air bersih perorang per hari berdasarkan penggunaan gedung dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kebutuhan air bersih rata-rata berdasarkan jenis gedung [8]

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air (Liter/hari)	Jangka Waktu Pemakaian (jam)	Keterangan
1	Rumah Biasa	60-250	08-10	
2	Rumah Mewah	250 atau lebih	08-10	
3	Rumah Susun *) (apartemen)	100-250	08-10	Bujangan 120 liter Kelas Menengah 180 liter Kelas mewah 250 liter
4	Asrama	120	8	Bujangan
5	Rumah Sakit (*)	Umum 350-500 Menengah 500-1000 Mewah > 1000	08-10	Pasien luar 8 liter Pegawai 120 liter Keluarga pasien 160 liter
6	Sekolah Dasar	40	5	Guru 100 liter
7	SLTP	50	6	Guru 100 liter
8	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	6	Guru/Dosen 160 liter
9	Ruko/Rukan	100-200	8	Per penghuni 160 liter
10	Kantor	100	8	Perkaryawan
11	Toserba (Dept. Store)	3	7	Perorang pengunjung dan karyawan, hanya untuk kakus umum, tidak termasuk restoran
12	Toko Pengecer	40	6	Pedagang besar 30 L/tamu, 150 L/karyawan, atau 5 L/hr per m ² luas lantai
13	Restoran Umum	15	7	Penghuni 160 L, pelayan 70 liter, 70% dari tamu perlu 15 L/org untuk kakus dan cuci tangan
14	Bar	30	6	Setiap tamu
15	Kelab Malam	120-350	6	Setiap tempat duduk
16	Hotel	250-300	10	Setiap tamu Staf 120-150 L/org
17	Penginapan	200	10	Setiap tamu Staf 100-120 L/org
18	Gedung Pertunjukan, Bioskop	10-30	3-5	Kalau digunakan siang dan malam, dihitung per penonton
19	Gedung Perkumpulan (membership)	150-200	10	Setiap tamu
20	Pabrik, industri, proyek	Pria : 60 Wanita : 100	8	Setiap tamu
21	Stasiun, terminal	3	15	Setiap penumpang (yang tiba maupun berangkat)
22	Peribadatan	10-20	2	Per jamaah per hari
23	Laboratorium	100-200	8	Per staf, tidak termasuk pemakaian air untuk proses

Dalam perhitungan kebutuhan air, jumlah penduduk merupakan faktor yang paling penting. Apabila jumlah penduduk meningkat, maka jumlah penggunaan air akan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah penduduk yang kecil. Perhitungan perkiraan pemakaian air juga mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti luas daerah, jenis gedung atau kegiatan, karakteristik masyarakat, iklim, biaya, dan kuantitas pasokan air. Menurut Noerbambang dan Morimura (2005) [9], menentukan kebutuhan air dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Adapun metode dalam menentukan perkiraan kebutuhan air adalah :

1. Metode Jumlah Pengguna

Metode ini merupakan metode yang dilakukan dengan mempertimbangkan pemakaian air bersih perorang perhari. Apabila jumlah pengguna tidak diketahui, maka perkiraan yang mendekati dapat dilakukan dengan mempertimbangkan luasan lantai efektif. Adapun pertimbangan dari jumlah penggunaannya yaitu pada umumnya sebesar 5-10 m²/orang.

2. Metode Banyaknya Alat Plumbing dan Jenis Alat Plumbing

Metode ini merupakan metode yang dilakukan berdasarkan kondisi jumlah alat plumbing yang diketahui. Dalam menggunakan metode ini perlu mengetahui banyaknya jenis alat plumbing yang terdapat di suatu gedung.

2.3 Sumber Air

Menurut [10], air yang diperuntukan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Batasan-batasan sumber air yang bersih dan aman tersebut, antara lain :

- a. Bebas dari kontaminan atau bibit penyakit.
- b. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun.
- c. Tidak berasa dan berbau.
- d. Dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga.
- e. Memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh *World Health Organization* (WHO) atau Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Berdasarkan letak sumbernya, maka sumber air dapat dibedakan menjadi 3 sumber air, yaitu [6] :

1. Air Angkasa (Air Hujan)

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber air utama di bumi. Air angkasa merupakan uap air yang terkondensasi kemudian jatuh ke bumi. Air hujan ini merupakan air yang berasal dari proses siklus hidrologi. Wujud dari air angkasa ini dapat berupa zat cair (air hujan) atau zat padat (salju/hujan es). Kuantitas air hujan tidak terbatas, tetapi tidak juga kontinu. Air hujan pada saat proses presipitasi termasuk kedalam air yang paling bersih, akan tetapi air hujan cenderung mengalami pencemaran ketika masih berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas.

2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang berada di sungai, waduk, danau, rawa, dan badan air lain yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Kualitas air permukaan termasuk dalam kategori yang lebih mudah mengalami pencemaran dibandingkan dengan air tanah karena letaknya berada di permukaan bebas sehingga air permukaan mudah mengalami kontak dengan udara dan aktivitas makhluk hidup.

3. Air Tanah

Air tanah (*ground water*) merupakan salah satu sumber utama selain sungai yang digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan domestik, seperti mencuci, makan, maupun kakus. Namun, air tanah secara umum juga dimanfaatkan untuk kebutuhan minum dan memasak oleh masyarakat, karena air tanah dianggap memiliki kualitas lebih baik dibandingkan dengan air sungai. Contoh sumber air baku yang berasal dari air tanah adalah sumur.

Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sumber lain. Pertama, air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu proses purifikasi atau penjernihan. Sementara itu, air tanah juga memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibandingkan sumber lainnya.

2.4 Siklus Hidrologi

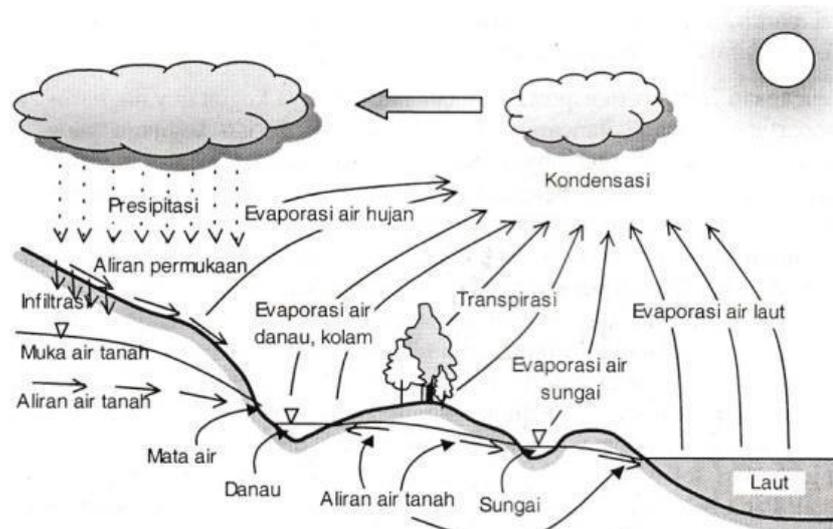
Air merupakan bagian penting dari sumberdaya yang terbaharukan dan dinamis. Air adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua makhluk hidup yang berada di bumi [11]. Secara keseluruhan air di bumi mengalami suatu siklus yang berlangsung secara terus menerus, sehingga jumlah air di bumi ini relatif tetap dari masa ke masa. Siklus tersebut merupakan serangkaian peristiwa yang berlangsung secara terus-menerus, dimana peristiwa tersebut tidak tahu kapan berawal dan berakhirnya [12].

Siklus hidrologi diartikan sebagai proses perjalanan dan perubahan fase air yang terjadi dalam proses hidro-meteorologi. Bumi terdiri dari beberapa bagian dan 2/3 bagian berupa lautan, dengan demikian maka sumberdaya air di bumi dapat dikatakan sangat melimpah. Sumberdaya utama air di daratan pun juga berasal dari lautan. Siklus hidrologi memiliki arti sebuah pergerakan berulang dari massa air yang ada di bumi. Daur ini merupakan konsep dasar tentang keseimbangan air secara global di bumi. Daur hidrologi juga menunjukkan segala hal yang berhubungan dengan air [6].

Siklus hidrologi adalah perjalanan air secara terus-menerus yang berawal dari permukaan laut, lalu ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut. Air akan tertahan sementara di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup di bumi. Energi panas dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya [13].

Alur siklus hidrologi secara sederhana dimulai dari air yang berasal dari laut, sungai, tanaman dan sebagainya akan mengalami proses penguapan ke atmosfer (evaporasi), kemudian air mengalami kondensasi dan membentuk awan, lalu awan tersebut berjalan terbawa oleh angin. Pada keadaan jenuh uap air, awan akan berubah menjadi titik-titik air yang selanjutnya turun sebagai air hujan atau salju (presipitasi). Setelah menjadi titik-titik hujan maka air akan jatuh ke bumi dan sebagian akan terserap oleh tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya ada yang terserap sampai kedalaman tanah tertentu (perkolasi). Selain itu, air hujan yang jatuh ke bumi ada yang langsung mengalir menuju permukaan tanah, danau,

sungai, waduk, hingga ke laut (limpasan atau *runoff*). Siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus hidrologi [12]

Berikut adalah daftar istilah siklus hidrologi (*Hydrological Cycle*) : [12]

1. Evaporasi, adalah suatu proses penguapan yang diakibatkan oleh sinar matahari. Dimana, proses ini merupakan proses perubahan molekul cair ke molekul gas. Adapun sumber air yang mengalami proses penguapan ini berasal dari laut, sungai, waduk, danau, saluran-saluran air, hewan, serta tumbuhan.
2. Transpirasi, adalah suatu proses penguapan yang bersumber dari tumbuhan. Proses ini merupakan proses kehilangan air yang terjadi pada tumbuhan.
3. Kondensasi, adalah suatu proses perubahan air dari bentuk awan menjadi titik-titik air yang terjadi dikarenakan reaksi pendinginan di atmosfer. Uap air yang dihasilkan berjalan terbawa oleh angin. Uap air akan mengalami kondensasi dan membentuk bintik-bintik air yang akan jatuh dari atmosfer ke permukaan.
4. Presipitasi, adalah suatu bintik-bintik air dapat berupa hujan es, air hujan, embun ataupun salju yang jatuh ke permukaan bumi. Presipitasi ada yang jatuh ke permukaan dan ada yang langsung mengalami penguapan kembali ke atmosfer sebelum jatuh ke permukaan bumi.
5. Infiltrasi, adalah suatu proses masuknya air kedalam pori-pori tanah. Aliran air ini masuk dari permukaan tanah yang nantinya akan terus mengalir ke permukaan.

6. Evapotranspirasi, adalah suatu proses yang terdiri dari gabungan antara proses evaporasi dan transpirasi. Dimana kedua proses ini memiliki kesamaan yaitu sama-sama merupakan proses penguapan. Presipitasi yang jatuh di permukaan bumi sebagian akan kembali mengalami penguapan ke atmosfer.
7. Perkolasi, adalah proses penyerapan air yang terjadi hingga kedalaman tertentu dan mencapai air tanah.
8. Limpasan (*runoff*), adalah air hujan yang jatuh ke bumi dan mengalir kebagian yang lebih rendah seperti saluran atau sungai.

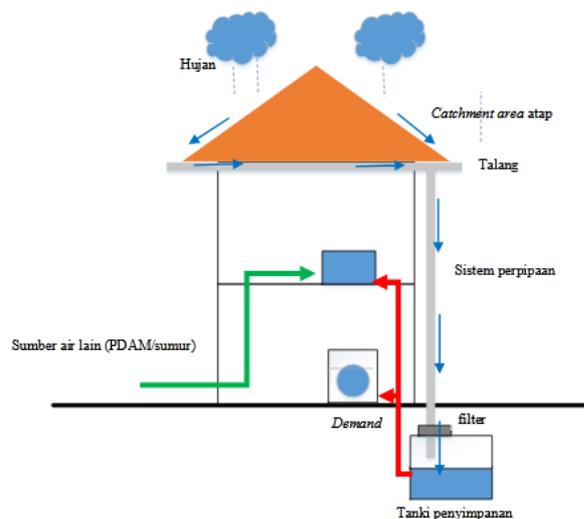
2.5 Pemanenan Air Hujan

Rainwater harvesting atau pemanenan air hujan adalah kegiatan menampung air hujan secara lokal dan menyimpannya melalui berbagai teknologi untuk penggunaan masa depan guna memenuhi tuntutan konsumsi manusia atau kegiatan manusia. Definisi yang lain dari pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) adalah pengumpulan, penyimpanan dan pendistribusian air hujan dari atap, untuk penggunaan didalam dan diluar tempat maupun bisnis [14].

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 [15], pemanfaatan air hujan adalah serangkaian kegiatan mengumpulkan, menggunakan, dan/atau meresapkan air hujan ke dalam tanah. Sedangkan pada pasal 3 disebutkan, pemanfaatan air hujan adalah kegiatan mengumpulkan air hujan yang jatuh di atap bangunan (tempat, gedung perkantoran atau industri) yang kemudian disalurkan melalui talang.

Pemanenan air hujan (PAH) adalah suatu teknologi sederhana yang dapat dimanfaatkan untuk menyimpan air hujan. Air hujan yang akan dikumpulkan berasal dari berbagai sumber misalnya atap bangunan, jalan, perbukitan batu dan lain-lain. Air ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber air bersih. Air hujan merupakan sumber air yang dapat dimanfaatkan di daerah yang tidak tersedia air tanah, tidak terdapat sistem penyediaan air bersih dan kualitas air permukaan yang rendah [16].

Pemanenan air hujan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, diantaranya adalah untuk kebutuhan di bidang pertanian, perkebunan, perikanan, peternakan, dan juga kebutuhan domestik. Penerapan Pemanenan Air Hujan (PAH) telah umum digunakan, terutama untuk daerah yang memiliki sumberdaya air terbatas. Dalam bidang pertanian, pemanenan air hujan dapat dilakukan dengan membuat kolam/empang dan membuat serangkaian konstruksi tanah sederhana seperti tanggul (gulud) yang pada prinsipnya berfungsi sebagai penahan limpasan air permukaan sehingga air hujan akan tertahan dan meresap ke dalam tanah atau tertampung ke dalam parit-parit [6]. Skema sistem pemanenan air hujan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema sistem *rainwater harvesting* (RWH) [17]

2.6 Tipe Sistem Pemanenan Air Hujan

Menurut UNEP (2001) [18], beberapa sistem pemanenan air hujan yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut :

2.6.1 Sistem Atap (*Roof System*)

Sistem ini menggunakan atap secara individual. Apabila sistem ini diterapkan dengan sistem komunal, maka air hujan yang tertampung akan sangat banyak. Pada tipe ini, banyaknya air hujan yang dapat ditampung bergantung pada luas atap yang merupakan area tangkapan bagi air hujan. Atap bangunan yang baik

digunakan sebaiknya terbuat dari material padat yang tidak dapat menyerap air hujan ataupun mengotorinya, seperti genteng seng dan plastik berbahan PVC.

2.6.2 Sistem Permukaan Tanah (*Ground Rainwater Harvesting*)

Tipe ini merupakan tipe pemanenan air hujan dengan menggunakan permukaan tanah. Tipe pemanenan air hujan sistem permukaan tanah ini merupakan tipe yang paling sederhana. Sistem pemanenan air hujan dengan menggunakan sistem permukaan tanah akan mengumpulkan air hujan lebih banyak dikarenakan area penangkapan dengan sistem ini luas. Sistem permukaan tanah ini baik digunakan untuk sektor pertanian dikarenakan dalam sistem permukaan tanah ini kualitas air hujan rendah.

2.7 Komponen Sistem Pemanenan Air Hujan

Sistem pemanenan air hujan biasanya terdiri dari area tangkapan (*catchment area*), saluran pengumpul atau pipa (*conveyance*), filtrasi, reservoir (*storage tank*), saluran pembuangan dan pompa. Saluran pengumpulan atau pipa dalam sistem pemanenan air hujan memiliki ukuran, kemiringan serta dipasang sesuai dengan standar yang berlaku agar kuantitas air hujan dapat ditampung secara maksimal [16].

2.7.1 Area Penangkapan (*Catchment Area*)

Area penangkapan atau daerah tangkapan adalah sejumlah luasan atau permukaan yang berfungsi untuk menangkap air hujan. Penentuan bahan area penangkapan dalam suatu perencanaan perlu diperhatikan karena bahan yang digunakan dapat mempengaruhi efisiensi pengumpulan dan kualitas air hujan. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan bahan area penangkapan yaitu bahan yang tidak beracun dan tidak mengandung kontaminan agar tidak menurunkan kualitas air hujan. Semakin luas *catchment area*, limpasan permukaan juga akan semakin besar sehingga aliran permukaan juga semakin besar. Dua faktor utama yang harus dipenuhi oleh atap sebagai *catchment area* adalah :

- a. Sebagian besar atap (>80%) harus mudah untuk disambungkan dengan talang.
- b. Atap harus bebas dari bahan-bahan kontaminasi yang mengurangi atau akan menurunkan kualitas air hujan.

Area penangkapan yang menggunakan atap, perlu memperhatikan material atap yang digunakan karena material atap akan mempengaruhi kualitas air hujan yang ditangkap. Agar menghasilkan kualitas air hujan yang baik, atap harus bersifat *impermeable*. Jika tidak ada material atap yang *impermeable* pada suatu tempat, dapat ditambahkan suatu bahan *impermeable* pada luasan atap tertentu. Selain itu, material atap juga akan mempengaruhi persentase curah hujan (koefisien C) yang dapat ditangkap [19]. Ada 3 faktor yang mempengaruhi banyaknya curah hujan yang dapat ditangkap oleh atap yaitu ukuran atap, jenis material atap, serta kemiringan atap. Pada Tabel 2.2 tercantum nilai persentase koefisien limpasan (C) untuk berbagai jenis lahan atau karakter permukaan.

Tabel 2.2 Nilai koefisien limpasan [12]

Lahan/ Karakter Permukaan	Koefisien Limpasan (C)
Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Petempatan	
Tempat Tunggal	0,30 – 0,50
Multiunit,terpisah	0,40 – 0,60
Multiunit,tergabung	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Ringan	0,50 – 0,80
Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
Aspal dan Beton	0,70 – 0,65
Batu Bara , Paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
datar 2%	0,05 – 0,10
rata-rata 2 – 7 %	0,10 – 0,15
curam, 7 %	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
datar 2%	0,13 – 0,17
rata-rata 2 – 7 %	0,18 – 0,22
curam, 7 %	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35

Lahan/ Karakter Permukaan	Koefisien Limpasan (C)
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
Hutan	
datar 0 - 5%	0,10 – 0,40
bergelombang 5 – 10 %	0,25 – 0,50
berbukit, 10 – 30 %	0,30 – 0,60

Berdasarkan jenis atapnya, jenis atap galvanis merupakan jenis atap yang menghasilkan air hujan dengan standar kualitas air bersih yang paling baik jika dibandingkan dengan jenis atap lainnya. Selain material atap, kemiringan atap juga akan mempengaruhi kecepatan *runoff* air hujan. Atap yang lebih curam akan lebih cepat mengumpulkan air hujan dibandingkan atap yang lebih datar. Atap yang lebih datar akan menyebabkan air bergerak lebih lambat sehingga menyebabkan kemungkinan air untuk terkontaminasi lebih besar. Ukuran atap atau luas atap akan mempengaruhi banyaknya air hujan yang dapat dipanen. Luas area penangkapan dianggap sama dengan luas lantai bangunan.

2.7.2 Sistem Pengaliran Air Hujan (*Conveyance System*)

Sistem pengaliran merupakan salah satu komponen dalam sistem pemanenan air hujan yang berfungsi sebagai sarana mengalirnya air hujan yang dimulai dari area penangkapan hingga tangki penyimpanan. Sistem pengaliran yang digunakan biasanya berupa talang dan pipa air vertikal. Material yang biasanya digunakan pada unit ini adalah PVC, *vynil*, dan *galvanized steel*. Saluran pengumpul atau pipa memiliki ukuran dan kemiringan tertentu. Sistem pengaliran ini juga dipasang sedemikian rupa agar kuantitas air hujan dapat tertampung secara maksimal. Ukuran saluran penampung bergantung pada luas area tangkapan hujan, biasanya diameter saluran penampung berukuran 20-50 cm [16].

2.7.3 Tangki Penyimpanan

Tangki penyimpanan merupakan salah satu faktor yang paling mempengaruhi desain sistem pemanenan air hujan. Hal ini dikarenakan komponen tangki penyimpanan memerlukan biaya yang paling besar dibandingkan komponen lainnya. Oleh karena itu, sangat penting untuk merencanakan kapasitas tangki penyimpanan yang sesuai agar dapat menghemat biaya. Berdasarkan letak tangki

penyimpanan air hujan, maka peletakan tangki penyimpanan dibedakan menjadi 2 yaitu peletakan tangki diatas permukaan tanah dan dibawah permukaan tanah. Pada Tabel 2.3 tercantum keuntungan dan kelemahan tangki penyimpanan baik yang terletak diatas permukaan tanah maupun dibawah permukaan tanah.

Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan letak sistem *rainwater harvesting* [17]

Letak Tangki Penyimpanan	Kelebihan	Kelemahan
Diatas Permukaan Tanah	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mudah dalam perawatan (retak atau bocor) 2) Pengambilan air lebih mudah, dapat dengan sistem gravitasi 3) Biaya lebih murah 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mengganggu estetika 2) Rentan terhadap dampak cuaca 3) Kegagalan konstruksi lebih berbahaya 4) Membutuhkan luas/tempat yang lebih banyak
Dibawah Permukaan Tanah	<ol style="list-style-type: none"> 1) Memerlukan luas/tempat yang lebih sedikit bahkan kadang tidak terlihat sehingga tidak mengganggu luasan yang ada 2) Tidak mengganggu tampilan tempat 3) Air yang dihasilkan lebih dingin 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ekstraksi air lebih kompleks 2) Kebocoran dan kerusakan lebih susah untuk dideteksi 3) Kemungkinan kontaminasi dari air tanah atau <i>runoff</i> 4) Struktur rentan terhadap akar tanaman atau kenaikan muka air 5) Susah untuk dibersihkan Tidak sesuai untuk wilayah yang tinggi muka air tanahnya diatas dasar tangki.

A. Material Tangki Penyimpanan

Material tangki penyimpanan dapat terdiri dari berbagai macam bahan. Setiap bahan memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Bahan yang sering digunakan sebagai tangki penyimpanan adalah sebagai berikut [17] :

1) Bahan metal (baja, *stainless steel*, galvanis)

Tangki dengan bahan metal ini biasanya tersedia dalam berbagai ukuran, berbentuk prefabrikasi dan dirakit *off side*. Kelemahan dari tangki

penyimpanan berbahan metal ini adalah harganya yang cenderung lebih mahal jika dibandingkan dengan jenis tangki penyimpanan lainnya.



Gambar 2.3 Tangki penyimpanan bahan *stainless steel* [20]

2) Tangki Beton

Tangki penyimpanan berbahan beton umumnya lebih tahan lama, kuat dan berat. Tangki ini dapat dipasang diatas atau dibawah permukaan tanah. Keuntungan dari tangki ini adalah dapat meningkatkan pH air yang disimpan. Tangki air hujan yang terbuat dari beton memerlukan biaya yang cukup tinggi, dimana konstruksinya harus diperhitungkan mulai dari pondasi hingga baknya sendiri. Tangki air berbahan beton harus dikerjakan sebaik mungkin untuk mengurangi resiko rembesan dan bocor mengingat sifat beton yang cukup berpori.



Gambar 2.4 Tangki penyimpanan bahan beton [21]

3) Bahan Plastik

Salah satu material tangki penyimpanan lainnya adalah tangki penyimpanan yang terbuat dari bahan *polyethylene* dan *polypropylene*. Tangki plastik merupakan tangki yang paling umum digunakan untuk sistem *rainwater harvesting*. Hal ini disebabkan karena bahannya ringan, tersedia dalam berbagai ukuran dan warna, harganya lebih terjangkau, dan mempunyai daya tahan yang cukup lama antara 15-25 tahun. *Polyethylene* adalah plastik fleksibel dan plastik yang kaku. Salah satu kelemahan jenis tangki ini adalah karena bahan yang terbuat dari plastik sehingga mudah meleleh dan berubah bentuk jika terkena panas atau tekanan.



Gambar 2.5 Tangki penyimpanan bahan plastik [20]

B. Kapasitas Tangki Penyimpanan

Dalam perencanaan sistem pemanenan air hujan, merubah kondisi curah hujan yang terjadi merupakan hal yang tidak mungkin dapat dilakukan. Dan akan sangat sulit untuk menyesuaikan luas area penangkapan yaitu luas atap. Oleh karena itu, hal yang mungkin untuk dilakukan adalah menyesuaikan kapasitas tangki penyimpanan. Menurut Susana (2012) [22], kapasitas tangki penyimpanan sistem pemanenan air hujan dapat ditentukan dengan beberapa cara, yaitu :

1. Metode 1 – Pendekatan dari segi kebutuhan air

Metode ini merupakan suatu pendekatan yang paling sederhana dimana hanya menghitung volume air yang dibutuhkan, lalu langsung dianggap sebagai volume tangki penyimpanan yang harus disediakan.

$$V_{kebutuhan} = V_{tangki} \quad \dots\dots(2.1)$$

2. Metode 2 – Pendekatan dari segi ketersediaan air

Metode ini merupakan suatu pendekatan yang hanya memperhitungkan jumlah ketersediaan air hujan yang dapat ditangkap oleh suatu daerah tangkapan.

$$V_{ketersediaan} = V_{tangki} \quad \dots\dots(2.2)$$

3. Metode 3 – Perhitungan neraca air

Metode ini merupakan suatu metode yang memperhitungkan neraca air. Dimana, pada metode 3 ini ditentukan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan air dengan ketersediaan air yang terjadi. Ketersediaan air merupakan air yang berasal dari daerah penangkapan sedangkan kebutuhan air merupakan volume air yang dibutuhkan.

Selain itu, dalam pemilihan kapasitas tangki hal yang perlu diperhatikan adalah pemilihan kinerja terbaik dengan biaya yang rendah. Menurut Juliana (2019) [17], kapasitas tangki yang ideal untuk 1 sampai 4 orang penghuni untuk masing-masing tipe tempat adalah :

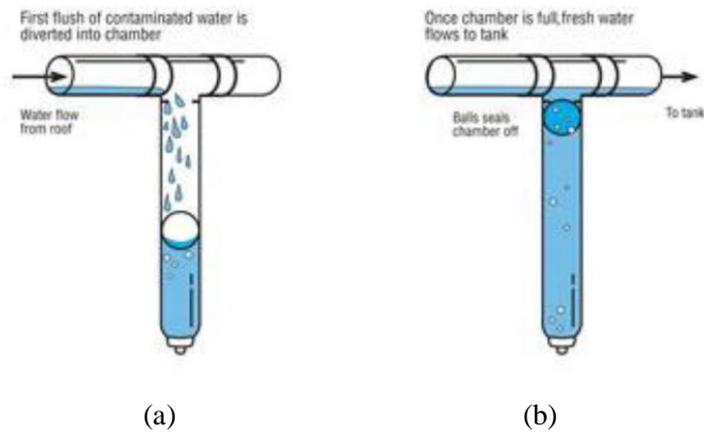
- 1) Tempat tipe 30-45 m² : kapasitas tangki 0,5 – 1 m³
- 2) Tempat tipe 70-100 m² : kapasitas tangki 1 – 2 m³
- 3) Tempat tipe > 100 m² : kapasitas tangki mulai dari 2 m³

2.7.4 Saringan / Filter

Air hujan dari atap pada waktu awal umumnya banyak mengandung debu atau kotoran (misalnya daun-daunan atau kotoran burung dan binatang lainnya). Oleh karena itu, aliran air hujan dari atap saat hujan awal harus dibuang dan tidak boleh masuk ke dalam tangki penyimpanan karena dapat menyebabkan penurunan kualitas air hujan [23].

Saringan dalam sistem pemanenan air hujan digunakan untuk menyaring polutan yang ikut terbawa di dalam air hujan. Filter ini dapat berupa media seperti serat, kerikil, dan pasir yang berfungsi untuk menghilangkan kotoran dari air hujan sebelum memasuki sistem selanjutnya atau tangki penyimpanan. Filter dalam sistem pemanenan air hujan dapat terdiri dari saringan halus dan saringan kasar

serta saringan berupa alat pembilas awal (*first flush diverter*). Saringan kasar yang digunakan dalam sistem perencanaan air hujan dapat menggunakan kasa kawat. Sedangkan saringan halus yang digunakan dalam sistem pemanenan air hujan dapat menggunakan saringan berupa spons. Berikut ini gambar mengenai metode untuk menghilangkan aliran air dari atap saat hujan awal (*first flush diverter*) :



Gambar 2.6 *First flush diverter* : (a) Silinder pembilas saat terisi air hujan awal bola penutup terdorong naik; (b) Silinder pembilas penuh air, bola penutup naik sampai dibagian atas sehingga aliran terus menuju tangki [14]

First flush diverter merupakan alat yang digunakan apabila dalam suatu perencanaan sistem pemanenan air hujan kualitas air hujan merupakan prioritas. Alat ini berfungsi untuk melakukan pembilasan air hujan yang dapat ditampung pada menit-menit awal. Tujuan dari *first flush diverter* adalah mengurangi kontaminan yang masih ikut terbawa oleh air hujan [16].

Prinsip kerja dari *first flush diverter* adalah saat hujan turun, air hujan akan mengalir menuju talang lalu ke pipa tegak untuk menampung air limpasan awal. Pada alur pipa tegak diberi bola isi udara yang dapat naik-turun. Pada saat limpasan awal berlangsung, bola akan naik karena pipa tegak terisi air. Selang beberapa waktu (± 10 menit) bola mencapai ujung pipa tegak dan menutupi pipa tegak sehingga air mengalir ke pipa datar menuju tangki penyimpanan. Pada dasarnya adalah air hujan yang mengalir dari talang air akan mengalir menuju pipa tegak *first flush diverter* terlebih dahulu. Selanjutnya dari pipa tegak ini air akan mengalir kembali memasuki tangki penyimpanan [23].

2.7.5 Pompa

Komponen pompa dalam sistem pemanenan air hujan digunakan apabila tangki penyimpanan air hujan terletak di bawah permukaan tanah. Pompa digunakan untuk mengalirkan air dari tangki penyimpanan ke *water fixture*. Ukuran pompa yang digunakan disesuaikan dengan kapasitas dan debit yang dialirkan [17].

2.8 Kuantitas Pemanenan Air Hujan

Kuantitas air hujan menunjukkan banyaknya air hujan yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air bersih dalam suatu perencanaan. Terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kuantitas volume air hujan yang dibutuhkan antara lain volume kebutuhan air per hari; intensitas curah hujan; ukuran area tangkapan air hujan; serta kegunaan air hujan sebagai alternatif sumber air bersih. Kebutuhan air secara total dapat ditentukan dengan memperhatikan hal-hal seperti menentukan kuantitas air untuk keperluan *outdoor* seperti : irigasi, reservoir (liter/hari) dan *indoor* seperti : mandi, cuci, toilet, kebocoran (liter/hari) [24].

Volume air hujan yang dapat ditampung akan menentukan ukuran tangki penyimpanan sistem pemanenan air hujan yang dibutuhkan. Dalam menentukan banyaknya air hujan yang dapat ditampung dapat dilakukan secara sederhana dengan menggunakan curah hujan yang tersedia dikalikan dengan luas tangkapan air hujan. Sedangkan untuk efisiensi air hujan yang ditampung ditentukan dengan mengetahui koefisien limpasan dari area penangkapan. Koefisien limpasan ini berbentuk persentase yang mempertimbangkan kehilangan air yang terjadi [24].

2.9 Kualitas Air hujan

Kualitas air hujan berbeda dari satu tempat ke tempat lain. Ada kecenderungan bahwa air hujan yang jatuh di daerah perkotaan dan sekitarnya mempunyai kualitas lebih buruk dibandingkan dengan kualitas air hujan yang jatuh di daerah pedesaan. Hal ini dikarenakan adanya keterkaitan dengan kegiatan manusia yang secara tidak langsung maupun secara langsung mempengaruhi kualitas air hujan. Pengaruh tersebut berasal dari limbah berupa gas ke atmosfer atau kegiatan lain yang menimbulkan pencemar ke atmosfer [6].

Kualitas air hujan dipengaruhi oleh beberapa hal seperti kondisi lingkungan wilayah perencanaan, jenis material atap, serta tangki penyimpanan. Menurut Yulistyorini (2011) [24], air hujan hampir tidak mengandung kontaminan. Oleh karena itu, kualitas air hujan dikatakan baik karena air hujan sangat bersih dan bebas dari kandungan mikroorganisme. Namun, ketika air hujan kontak dengan area penangkapan, saluran pengaliran air hujan, dan tangki penyimpanan, maka air hujan dapat terkontaminasi.

Derajat keasaman suatu zat dinyatakan bersifat asam jika memiliki $\text{pH} < 7$. pH air hujan dikatakan normal apabila pH air hujan yaitu 5,6. Kondisi tersebut membuktikan bahwa dalam kondisi normal, pH air hujan termasuk asam. Air hujan diklasifikasikan bersifat asam jika memiliki $\text{pH} < 5,6$ [6].

2.10 Aplikasi Pemanenan Air Hujan

Kejadian tsunami yang terjadi pada tahun 2004 di Banda Aceh mengakibatkan ketersediaan air bersih menjadi salah satu permasalahan besar pada saat itu. Hal ini diperparah lagi dengan besarnya biaya yang harus dikeluarkan oleh masyarakat Banda Aceh untuk mendapatkan air bersih. Masyarakat Banda Aceh harus mengeluarkan 30% dari total penghasilan mereka untuk memperoleh air bersih. Keluarga yang tergolong kurang mampu terpaksa untuk mengkonsumsi air sungai yang tercemar untuk memenuhi kebutuhannya sehari-hari akibat tidak mampu membeli air bersih tersebut. Pemerintah Korea Selatan melalui Seoul National University yang dipelopori oleh Profesor Mooyoung Han dan 12 orang mahasiswanya, memberikan bantuan kepada masyarakat Banda Aceh dengan melakukan pembuatan sistem *Rainwater Harvesting* (RWH) sederhana pada beberapa desa dan fasilitas umum. Komponen sistem *rainwater harvesting* ini hanya terdiri dari tangki penyimpanan, pipa pengumpul dan filter. Dengan adanya sistem *rainwater harvesting* tersebut kebutuhan air bersih masyarakat Banda Aceh dapat terpenuhi sehingga terbukti bahwa air hujan memiliki potensi untuk memenuhi kebutuhan air bersih selama pemulihan bencana [25].

Apabila ditinjau dari sisi air tanah, penelitian yang dilakukan oleh Nagaraj dkk (2011) [26] dengan lokasi studi yang dipilih adalah lokasi yang terjadi eksploitasi penggunaan air tanah yang berlebihan yaitu distrik kolar, Karnataka India. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh struktur *rainwater harvesting* pada proses pengisian kembali air tanah, didapatkan hasil bahwa setelah dibangunnya sistem *rainwater harvesting*, ketinggian muka air tanah pada sumur-sumur yang ada di sekitar sumur mengalami kenaikan tinggi.

Menurut Rofil dan Maryono (2017) [27], dalam penelitiannya mengatakan bahwa curah hujan yang tinggi di wilayah Indonesia berpotensi sebagai alternatif sumber air bersih. Salah satu teknologi untuk memanfaatkan air hujan adalah teknologi *rainwater harvesting* atau pemanenan air hujan. Dalam penelitian ini, lokasi pemanenan air hujan dilakukan di sekolah. Menurut peneliti, pemanenan air hujan dapat diterapkan di sekolah sebagai upaya lokal dalam mengkonservasi sumber daya air dan lingkungan. Implementasi pengelolaan air hujan pada bangunan gedung sekolah dikarenakan sekolah sebagai salah satu diantara infrastruktur yang besar dan tersebar di suatu wilayah yang memiliki potensi besar untuk dijadikan salah satu sarana pemanenan air hujan. Begitupun dengan penelitian yang dilakukan oleh Silvia dan Safriani (2018) [28], dalam penelitiannya dengan melakukan analisis terhadap potensi air hujan di Gampong Leuhan menunjukkan bahwa dengan teknik pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) ini akan sangat mencukupi dan mampu menjadi salah satu alternatif dalam pemenuhan kebutuhan air bersih.

Penelitian yang dilakukan oleh Riyanto dan Setiawan (2020) [29], yaitu melakukan perancangan sistem pemanenan air hujan dengan menggunakan *groundwater tank* untuk pemenuhan air baku di lokasi perkuliahan yaitu kampus 3 UM Purworejo. Dalam penelitian ini digunakan data perhitungan hujan kawasan dengan metode *Polygon Thiessen* serta menggunakan data curah hujan andalan 80% dan perhitungan intensitas hujan dengan menggunakan metode Mononobe. Perancangan desain dan elemen pendukung tangki penampung air hujan digunakan standar ketentuan dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2014. Hasil studi yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah

didapat ukuran tangki kapasitas 120 m³ dengan dimensi 8x5x3 m untuk memenuhi 10% kebutuhan air pada gedung perkuliahan Kampus 3 Universitas Muhammadiyah Purworejo. Perkiraan biaya untuk membangun tangki senilai Rp 93.998.000,00 dengan adanya tangki penampungan air hujan didapatkan penghematan air sebesar 664,13 m³/tahun atau sebesar 0,76% serta didapatkan biaya penghematan air dari sumber PDAM senilai Rp 6.455.343,00/tahun.